

ESTADO NUTRICIONAL E PRODUÇÃO DO MILHO CULTIVADO EM DIFERENTES ÉPOCAS SOB COBERTURA MORTA E DUAS ADUBAÇÕES¹

Maurício Moller PARRY²
Maria do Socorro Andrade KATO³
Janice Guedes de CARVALHO⁴
Konrad VIELHAUER⁵

RESUMO: Com objetivo de avaliar os efeitos do uso de cobertura morta sobre a nutrição mineral e produção do milho, foi conduzido um trabalho no município de Igarapé-Açu, Pará, em delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, onde foram testadas nas parcelas quatro épocas de plantio e, nas subparcelas, duas adubações. A avaliação do estágio nutricional da cultura do milho (*Zea mays* L.) foi feita em plantas na colheita. As maiores concentrações de N e P foram observadas nos grãos de milho e as de Ca, Mg, Fe e Mn foram na matéria seca das plantas. A de K e igualmente a de Fe foram observadas no colmo + inflorescência masculina. No sabugo (inflorescência feminina) foram observadas as maiores concentrações de Zn. As concentrações dos nutrientes foram afetada significativamente pelas épocas de plantio, sem que este fato impedisse a observação de concentrações consideradas adequadas nas plantas e grãos de milho, para a maioria dos nutrientes avaliados. O maior nível de P aumentou significativamente somente as concentrações de Fe. Não houve interação entre as épocas de plantio e as adubações. A produção de grãos foi incrementada em 39% com o maior nível de P.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Cobertura Morta, Concentração de Nutrientes, Milho, Latossolo Amarelo, Amazônia.

¹ Aprovado para publicação em 7.05.07

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, Universidade Federal de Lavras – UFLA (MG).

² Engenheiro Agrônomo, pós-graduando em Solos e Nutrição de Plantas da UFRA. Bolsista do CNPq / SHIFT – Capoeira. Tv. Benjamim Constant, 877 / 1001. CEP 66.053-040, Belém (PA).

³ Engenheira Agrônoma, Dra., Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Belém (PA)

⁴ Engenheira Agrônoma, Dra., Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo – UFLA

⁵ Engenheiro Agrônomo, Pesquisador do Instituto de Agricultura Tropical da Universidade de Göttingen-Alemanha

NUTRITIONAL STATE AND PRODUCTION OF CORN CULTIVATED IN DIFFERENT TIMES UNDER MULCHING AND TWO DOSIS OF PHOSPHATE FERTILIZERS.

ABSTRACT: This experiment was carried out in Igarape Açu, Para state, Brazil, to determine the effects of mulching and fertilization on nutritional state of maize (*Zea mays L.*) at harvest. A split plot design with 4 treatments (time of planting) and two sub treatments (P doses) was used. Highest concentration of N and P was observed in the maize grains while Ca, Mg, Fe, Mn in the dry matter of the plants. Highest concentrations of K and Fe were found in stem and male inflorescences and of Zn in the female inflorescence (corn slough). Concentrations of nutrients were significantly affected by time of planting but this fact did not hinder to determine adequate concentrations of the majority of nutrients in the plants and grains of corn. Higher doses of P significantly increased yield and concentrations of Fe. It was not observed interaction between time of planting and the fertilizers formulas.

INDEX TERMS: Mulching, Concentration of Nutrients, Maize, Yellow Latosol (Oxisol), Amazon.

1 INTRODUÇÃO

A qualidade da matéria orgânica depositada no solo tem um papel fundamental como fonte de nutrientes às plantas, pois os disponibilizam em maiores ou menores quantidades, em determinados períodos de tempo, durante sua decomposição e imobilização até atingir o equilíbrio (ciclo dos nutrientes no ecossistema) (KATO et al., 1998).

A cobertura morta funciona como reserva de nutrientes, melhorando as propriedades químicas, físicas e biológicas dos solos. No primeiro papel (fonte de nutrientes) não há dúvida que pode ser substituída, muitas vezes com vantagens, pelos adubos minerais (PIMENTEL, 1991).

Entretanto, com a introdução da cobertura morta, formada pela biomassa da vegetação secundária triturada, há a possibilidade de fornecimento lento e gradual de grandes quantidades de nutrientes presentes na biomassa da capoeira, para as futuras culturas, reduzindo-se os gastos com insumos, como também é uma maneira de se evitar queimadas na região.

Quanto à capacidade de retenção da água no solo, a matéria orgânica tem influência direta, pois a mesma afeta a estrutura do solo, favorecendo a aeração e aumentando a capacidade de retenção de água. Com isso, observa-se a diminuição da densidade do mesmo, através da exploração de um maior volume de solo pelas raízes das plantas e maior popula-

ção de organismos do solo (SÁNCHEZ, 1976), o que também ocorre com a cobertura morta (KATO et al., 1998).

Segundo Oliveira (1998), atualmente no Brasil recomenda-se a aplicação de N, P e K nas diversas culturas com base em curvas de resposta médias, que relacionam produção e doses aplicadas, e, em alguns casos, levando-se em consideração a produção esperada e o histórico da gleba cultivada. Deve-se buscar métodos que permitam controlar, de forma mais satisfatória, o uso de adubos nitrogenados e, assim, minimizar possíveis problemas advindos de uso em excesso.

A adição de resíduos orgânicos ao solo visa, principalmente, o suprimento de N para as culturas, que se encontra quase totalmente na forma orgânica. Depende para que se torne disponível (mineralizado), a natureza dos resíduos (FAUCI; DICK, 1994), o tipo de solo e a temperatura, dentre outros fatores que afetam a atividade microbiana do solo (OLIVEIRA, 1998). A adubação orgânica isolada ou associada à adubação química pode tornar-se alternativa econômica a ser utilizada pelos agricultores, mesmo considerando as dificuldades de seu uso (GOMES, 1995).

A estabilidade de cultivares de milho às alterações ambientais foram

estudadas por Souza et al. (1991) em dois locais e com quatro épocas de plantio. Como resposta, houve interações significativas entre cultivar x local e cultivar x época, sendo a primeira superior, mostrando, assim, a importância da avaliação em mais locais. A influência das épocas sobre as interações foram baixas por serem complexas.

Nos cultivos de milho praticados principalmente pela agricultura migratória, pode haver uma menor concentração de alguns nutrientes nas plantas, das parcelas onde foram praticadas adubações com maiores concentrações de P. Isso pode ser devido ao efeito de diluição, por motivo de maiores produções de grãos e desenvolvimento vegetativo das plantas, ou, ainda, pela inibição provocada pela maior quantidade de P aplicado ao solo (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA., 1997).

Este trabalho tem por objetivos avaliar as concentrações de nutrientes nas diferentes partes da planta de milho, no município de Igarapé-Açu, Pará, ao ser cultivado em diferentes épocas avançando-se no período seco e tendo-se como manejo de solo a cobertura morta. Foram determinadas, ainda, as produções, avaliando-se, assim, as possibilidades de se proceder com cultivos nos períodos pesquisados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido em propriedade de pequeno agricultor na Comunidade de Nossa Senhora de Belém, localizada no município de Igarapé-Açu, no Nordeste Paraense, nas coordenadas 01° 11'S e 47° 35'W (BASTOS; COSTA; SÁ; 1995) e distante 140 km de Belém. O clima da região, é do

tipo Ami, na classificação de Köppen (Figura 1).

O solo da área experimental é um Latossolo Amarelo coeso típico (LAX), A moderado de textura média da formação Barreiras, com baixo teor de matéria orgânica, fósforo disponível baixo, sendo baixos, também, os teores de bases trocáveis e CTC (Tabela 1). A vegetação existente constituía uma capoeira de sete anos de idade.

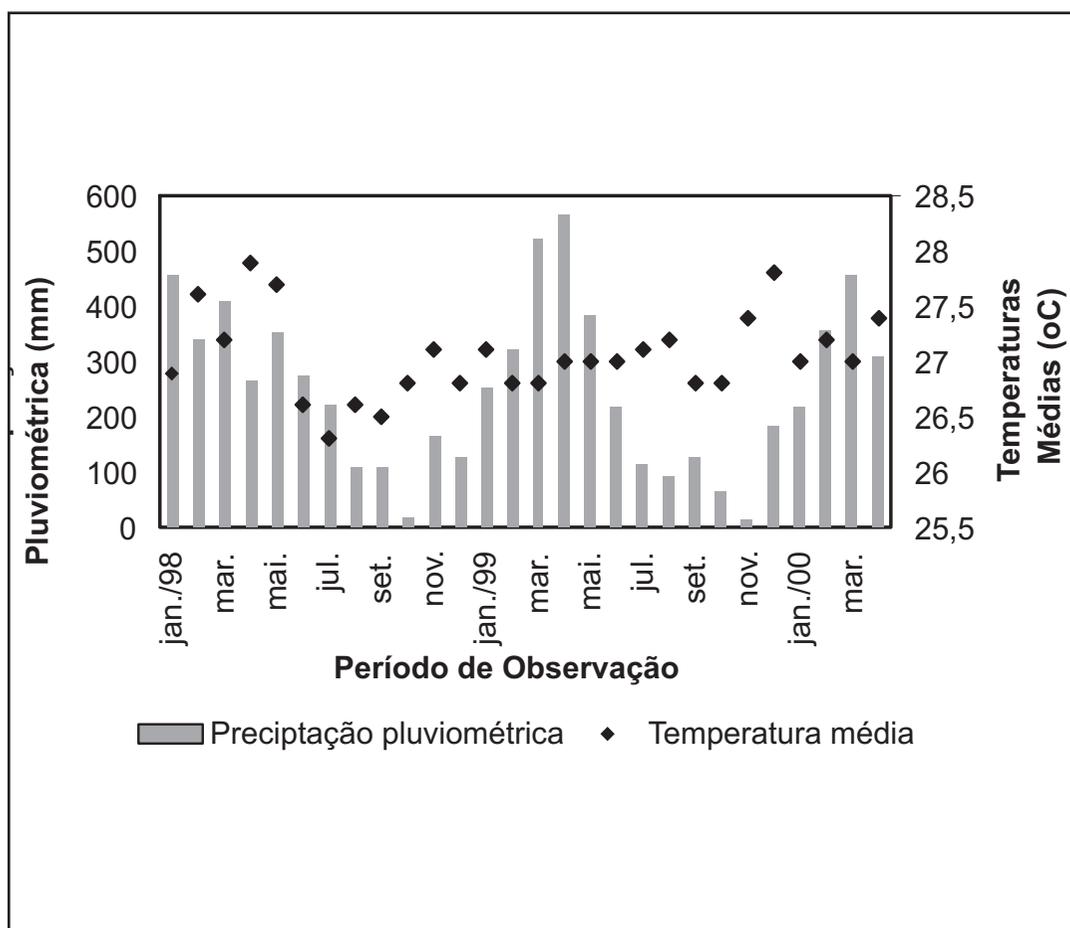


Figura 1- Dados agrometeorológicos do município de Igarapé-Açu, (PA), obtidos durante o período dos cultivos em 1998.

Tabela 1- Atributos químicos e físicos do Latossolo Amarelo da área experimental, no Município de Igarapé-Açu, (PA), nas quatro profundidades estudadas por ocasião do preparo de área.

| Elementos | Profundidades (cm) | | | |
|----------------------------------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| | 0 – 10 | 10 – 20 | 20 – 30 | 30 – 50 |
| pH (H ₂ O) | 5,4 | 5,2 | 5,1 | 5,0 |
| P (mg/dm ³) | 3,0 | 2,0 | 1,0 | 1,0 |
| K (mg/dm ³) | 45,0 | 27,0 | 20,0 | 13,0 |
| Ca (cmol _c /dm ³) | 2,0 | 1,0 | 0,8 | 0,6 |
| Mg (cmol _c /dm ³) | 0,7 | 0,4 | 0,3 | 0,3 |
| Al (cmol _c /dm ³) | 0,2 | 0,3 | 0,6 | 0,7 |
| H + Al (cmol _c /dm ³) | 3,5 | 3,2 | 3,0 | 3,1 |
| S.B. (cmol _c /dm ³) | 2,9 | 1,5 | 1,2 | 1,0 |
| t (cmol _c /dm ³) | 3,3 | 2,1 | 1,6 | 1,5 |
| T (cmol _c /dm ³) | 6,4 | 4,7 | 4,2 | 4,1 |
| m (%) | 6,8 | 20,8 | 31,1 | 39,0 |
| V (%) | 45,3 | 31,9 | 28,6 | 24,4 |
| M.O. (dag/kg) | 3,1 | 1,9 | 1,2 | 0,9 |
| Areia gr. (%) | 68,0 | 63,0 | 59,0 | 53,0 |
| Areia fina (%) | 19,0 | 21,0 | 20,0 | 22,0 |
| Silte (%) | 5,0 | 5,0 | 4,0 | 6,0 |
| Argila (%) | 8,0 | 11,0 | 17,0 | 19,0 |
| Densidade (g/cm ³) | 1,27 | 1,47 | 1,49 | 1,51 |

Determinações realizadas segundo metodologia descrita em EMBRAPA (1997).

O preparo de área foi realizado com o corte e trituração da capoeira, utilizando-se uma ensilhadeira acoplada a um trator de rodas. A biomassa foi espalhada de forma uniforme sobre o solo das parcelas, formando a cobertura morta (metodologia utilizada em experi-

mentos do Projeto SHIFT-Capoeira, que tem como parceiros a EMBRAPA Amazônia Oriental, o CNPq e a Universidade de Göttingen da Alemanha), deixando fermentar e secar por, aproximadamente, vinte dias, quando da realização dos plantios. A quantidade de material seco

adicionado ao solo foi em média de 45 t ha⁻¹, nas quatro épocas de preparo e cultivo de áreas descritas na Tabela 2. Não foi feita a destoca das parcelas, para poder haver a regeneração natural da vegetação durante o pousio.

Tabela 2- Fases do experimento (cronograma) das quatro épocas de preparo de área para a cultura do milho. Igarapé-Açu – (PA).

| Época | Preparo de área ¹ (derruba e trituração) | Plantio ² | Colheita ² |
|---------|--------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|
| Época 1 | dezembro | janeiro | maio |
| Época 2 | fevereiro | março | julho |
| Época 3 | abril | maio | setembro |
| Época 4 | junho | julho | novembro |

¹ Os preparos de áreas tiveram seu início em dezembro de 1997 e se estenderam até junho do ano seguinte. ² Os plantios e colheitas foram realizados no ano de 1998.

O Tratamento 1 (Época 1), corresponde à testemunha, por ser tradicionalmente o período de cultivo na região.

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro tratamentos (épocas de plantio) nas parcelas e duas adubações diferentes por parcela, formando as subparcelas, tratamentos estes repetidos quatro vezes. As parcelas mediam 23 x 23 metros, separadas umas das outras por passarelas de um metro e meio de largura, as subparcelas mediam 11,5 x 23,0 metros.

Foi utilizada a variedade de milho BR 106, no espaçamento 0,50 x 1,0 metro em plantio manual. Foi empregado adubo químico, na forma de NPK (fórmula 10-28-20), muito utilizada em experimentos na região, na quantidade de 10g/cova no plantio, na metade de cada parcela (Adubação 1). Na outra metade (subparcela), a cultura também rece-

beu NPK (10g/cova) na mesma formulação e mais 10g/cova de super fosfato triplo (Adubação 2).

Para efeito de avaliação do estágio nutricional da cultura, foram coletadas amostras de tecido vegetal no período de colheita (120 dias após o plantio) em cada uma das quatro épocas de plantio. A área útil amostrada dentro de cada subparcela foi de 20 m², com 80 plantas úteis para avaliação da produção de grãos de milho. Foram coletadas amostras de grãos, sabugo, palha da espiga, biomassa total (plantas inteiras ou palhada) e colmo + inflorescência. Todas as amostras foram embaladas em sacos de papel e colocadas para secar em estufa com circulação de ar forçada à 65°C até atingirem peso constante. O peso dos grãos de milho foi ajustado para umidade de 13%. Após a secagem foram moídas e peneiradas para posterior determinação de macro (N, P, K, Ca e Mg) e micronutrientes (Fe, Mn e Zn) na matéria seca.

As análises foram realizadas pelos Laboratórios de análise foliar do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras (MG) e da Embrapa Amazônia Oriental, Belém (PA), conforme metodologia descrita por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997). Foram determinados os teores de macro e micronutrientes na matéria seca.

Os dados experimentais foram submetidos à análise de variância e ao teste F ao nível de 5% de probabilidade. Os fatores analisados nas parcelas foram às épocas de plantio e nas subparcelas duas adubações. Para as análises que houve significância, procedeu-se ao teste de médias entre os tratamentos por intermédio do teste de Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, sem transformação dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 ESTÁDIO NUTRICIONAL DA CULTURA DO MILHO

3.1.1 Palhada

As concentrações de nitrogênio na biomassa do milho (plantas inteiras) diferiram significativamente entre os tratamentos. No Tratamento 2 foi verificada a maior concentração, sendo 42,3% superior a que foi observada no Tratamento 4 (Tabela 3). Não houve influência dos períodos chuvoso e seco, para esta característica, pelo fato dos valores não apresentarem padrão definido de concentração. Era de se esperar menores concentrações nos períodos de maior precipitação (Épocas 1 e 2), pelas maiores perdas por lixiviação do adubo aplicado e alta mobilidade do nutriente.

Tabela 3- Concentração de nutrientes na matéria seca da biomassa da cultura do milho cultivado em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. Igarapé-Açu, (PA).

| Época de plantio | N | P | K | Ca | Mg | Fé | Mn | Zn |
|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|
| | g/kg | | | | mg/kg | | | |
| 1 | 5,4 b | 1,1 a | 10,0 b | 3,6 a | 2,0 b | 72,0 b | 49,4 b | 40,0 a |
| 2 | 7,8 a | 1,1 a | 10,3 b | 3,4 a | 2,1 b | 75,8 b | 80,0 a | 53,4 a |
| 3 | 6,5 a | 1,1 a | 11,3 b | 3,4 a | 2,9 a | 65,1 b | 89,4 a | 46,0 a |
| 4 | 4,5 b | 0,4 b | 13,6 a | 2,8 a | 1,9 b | 181,3 a | 88,5 a | 43,1 a |
| Adubação | | | | | | | | |
| 1 | 6,1 a | 0,9 a | 11,3 a | 3,3 a | 2,2 a | 86,9 b | 76,3 a | 45,9 a |
| 2 | 5,9 a | 1,0 a | 11,3 a | 3,3 a | 2,3 a | 107,6 a | 77,3 a | 45,3 a |
| Teste F | | | | | | | | |
| Época | * | ns | * | ns | ns | ** | ** | ns |
| Adubação | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ns |
| E x A | ns | ns | ns | * | ns | Ns | ns | ns |
| C.V. (%) | 25,4 | 63,5 | 19,9 | 20,3 | 36,4 | 46,5 | 16,7 | 22,6 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e ** indicam, respectivamente, não-significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

A faixa de concentração do nitrogênio na biomassa (4,5-7,8 g kg⁻¹) está bem abaixo da considerada adequada pela maioria dos autores (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; REUTER; ROBINSON, 1997; PAULETTI, 1998) que é de 26 a 50 g kg⁻¹. Este fato pode ser explicado pelo tipo de material destinado à análise, que no presente trabalho foi de plantas inteiras com idade de 120 dias (colheita), onde já poderá ter havido a translocação de grandes quantidades deste, como de outro nutrientes, para os grãos, apesar destes também terem apresentados baixas concentrações, possivelmente pela maior produção, sugerindo um efeito diluidor (MARSCHNER, 1995). Os resultados aqui apresentados foram mais próximos aos observados por Reuler e Janssen (1993) em plantas de 120 dias, onde as concentrações de N foram de 10,7 e 14,1 g kg⁻¹ em áreas que passaram por 4 e 20 anos de pousio, respectivamente.

Com relação à concentração de P, houve diferença significativa entre o tratamento 4 e os demais (Tratamentos 1, a testemunha, 2 e 3), que foram semelhantes entre si e superiores ao 4. As concentrações de P se encontraram abaixo das recomendadas por Raij et al. (1996) e Reuter e Robinson (1997), que variam entre 1,9 e 6,0 g kg⁻¹. Trannin et al. (2000) observaram valores de P 45% superiores na biomassa do milho, em estudos num Latossolo Vermelho Escuro com e sem uso de fertilizantes.

Franchini et al. (1998) e Pires, Souza e Espoeti (1998) observaram concentrações iguais a 2,46 e 2,27 g kg⁻¹ de P em folhas novas e folhas abaixo da primeira espiga, respectivamente. Em variedades híbridas cultivadas em solos de cerrado, os teores de P observados por Fernandes, Muraoka e Corrazza (2000) variaram entre 2,5 e 3,2 g kg⁻¹, sendo, também, bem superiores aos deste estudo.

A concentração média de P na biomassa do milho (1,8 g kg⁻¹) observada por Kato (1998), sob o mesmo manejo (derruba e trituração da biomassa), solo e adubação (10g/cova de NPK 10-28-20) foi superior às encontradas neste experimento e por Moraes et al. (1998), quando observou concentrações médias de P de 1,55 g kg⁻¹ no Acre. Já as concentrações observadas por Reuler e Janssen (1993) foram semelhantes ao tratamento 4 (entre 0,3 e 0,4 g kg⁻¹) e inferiores aos demais, quando trabalharam em áreas que estavam em pousio por 4 e 20 anos na Côte d'Ivoire, África.

Já para o K, os tratamentos (épocas) diferiram significativamente entre si e foram baixas as concentrações observadas ao final do experimento, quando comparadas às obtidas por Pires, Souza e Espoeti (1998) e Moraes et al. (1998), respectivamente, em sistemas de plantio direto em Minas Gerais e sob diferentes sistemas de preparo de solo após pousio, no estado do Acre. Reuler e Janssen (1993) obtiveram concentrações 26,6% superiores em plan-

tas cultivadas em áreas que passaram por 4 anos de pousio na África, no presente estudo a área estava há sete anos em pousio (vegetação secundária de sete anos).

Não houve diferenças nas concentrações de Ca entre os quatro tratamentos e de Mg entre os Tratamentos 1, 2 e 4, entretanto, foram significativamente inferiores ao Tratamento 3, em 31% para este nutriente. Houve interação significativa entre época e adubação para as concentrações de Ca nas plantas.

Na Tabela 4 é mostrado o desdobramento das concentrações de Ca observadas sob efeito das adubações, dentro das épocas de plantio, por ter sido observado efeito significativo da interação en-

tre épocas de plantio x adubações. Neste caso, provavelmente foi a diferença proporcionada pelas adubações dos plantios de janeiro sobre as concentrações deste nutriente a responsável pelo efeito significativo desta interação. Não houve diferenças nas concentrações de Ca entre as quatro épocas de plantio, quando usou-se adubação NPK+P, e sim entre adubações no plantio realizado em janeiro, quando usou-se somente NPK. As concentrações de Ca foram inferiores às observadas por Karlen, Flannery e Sadler (1988) no mesmo tipo de material; e as de Mg foram superiores. Nas concentrações de Mg não foram observadas diferenças entre as épocas 1, 2 e 4; entretanto, estas foram inferiores à época 3 em 31%.

TABELA 4 - Valores médios das concentrações de cálcio na matéria seca da biomassa da cultura do milho em função de épocas de plantio e duas adubações sob cobertura morta.

| Época de plantio | Concentração de Ca (g kg ⁻¹) | | Média Geral |
|------------------|------------------------------------------|--------|-------------|
| | NPK | NPK+P | |
| 1 | 3,0 aB | 4,3 aA | 3,7 |
| 2 | 3,3 aA | 3,5 aA | 3,5 |
| 3 | 3,7 aA | 3,0 bA | 3,4 |
| 4 | 3,0 aA | 2,5 bA | 2,8 |
| Média Geral | 3,3 a | 3,3 a | - |

Números seguidos pela mesma letra minúscula nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott. Números seguidos pela mesma letra maiúscula nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott.

Os valores de Ca observados na planta do milho (3,3 g kg⁻¹) são seme-

lhantes aos observados por Andreotti et al. (2000) quando estudavam os efeitos

de solos, saturação por bases e diferentes níveis de K no solo sobre os teores de nutrientes nas folhas de milho.

As adubações testadas não promoveram diferenças nas concentrações dos macro e micronutrientes, nas plantas de milho.

Mesmo tendo sido usado material maduro (plantas com 120 dias) para as análises, as concentrações observadas para Ca e Mg se encontram dentro da faixa recomendada por Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) e semelhantes aos resultados da segunda colheita observados por Trannin et al. (2000) e em plantio direto por Pires, Souza e Espoeti (1998) e Moraes et al. (1998), quando analisaram plantas jovens.

As maiores concentrações de Ca, Mg, Fe e Mn nas diferentes partes das plantas de milho foram observadas na biomassa total desta cultura. Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997) a maior concentração de Ca pode ser explicada por este nutriente encontrar-se em formas não solúveis em água na planta, não havendo dessa forma a sua redistribuição.

O tratamento 4 apresentou maior concentração de Fe e o teste de médias o considerou significativamente superior aos demais, com 61,6% em média, não sendo observada diferença entre os demais. Estes resultados podem ser explicados, em parte, pelas menores perdas de P pela la-

vagem do solo pelas chuvas, já que o plantio do Tratamento 4 se deu em período de menor precipitação pluviométrica, sendo a absorção do Fe estimulada pela maior concentração de P (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). No caso do Mn, os tratamentos 2, 3 e 4 não diferiram entre si e foram significativamente superiores a concentração observada na primeira época de plantio (tratamento 1). Estes três tratamentos apresentaram concentrações adequadas de Mn e que, segundo Fageria (2001) estes níveis adequados na planta devem variar entre 50 a 160 mg kg⁻¹. Sendo assim, somente o tratamento 1 possuiu concentração abaixo do ideal nutricional (para o bom desenvolvimento e produção). Todos os tratamentos diferiram entre si para a característica analisada Zn.

As concentrações dos micronutrientes apresentados na Tabela 3 são geralmente superiores aos observados por Trannin et al. (2000), também trabalhando com milho, entretanto, em áreas de Latossolo Vermelho Escuro em Minas Gerais.

3.1.2 Grãos

A melhor qualidade de grãos (maior reserva nutricional, maior longevidade do embrião e maior resistência ao ataque de doenças, por exemplo) pode ser determinada pelas maiores concentrações de nutrientes neles contidos, assim sendo, o tratamento 2, invariavelmente obteve os maiores valores para todos os nutrientes, exceto para Fe e Zn. As concentrações dos nutrientes observadas

no tratamento 2 foram significativamente superiores às dos demais tratamentos para N, Mg e Mn e semelhante estatisticamente, mas com as médias de P, K e Ca superiores a de outros tratamentos (Tabela 5). As menores concentrações foram observadas, na maioria das vezes, na quarta época de plantio, podendo ser devido ao efeito de diluição das concentrações pela maior produção.

Os resultados de P e K foram superiores aos observados por Reuler e Janssen (1993) em áreas cultivadas após 4 e 20 anos de pousio na África. Para o N estes autores verificaram concentrações iguais a 14,6 g kg⁻¹ em média, sendo superiores as observadas nos grãos deste trabalho.

O efeito da translocação de nutrientes de outras partes da planta para os grãos pode ser observada pelos maiores valores das concentrações de N e P nos grãos, quando comparados aos da biomassa aérea total.

Os valores das concentrações de P indicam que 3,58 e 4,67 kg de P/ha foram extraídos pelas adubações 1 e 2, respectivamente. Estes totais são semelhantes aos observados por Kato (1998), quando verificou ser de 3,6 kg ha⁻¹ a quantidade de P extraída em média, pelas variedades sob o mesmo manejo. Em áreas que não empregou fertilizantes, o autor observou a extração de 3,75 kg ha⁻¹ de P somente sob a cobertura morta, entretanto, com menores produções de grãos. Estes fatos mostram que as concentrações de P nos grãos pode ter sido semelhante nos estudos em questão.

As adubações praticadas não influenciaram a concentração de nutrientes nos grãos exceto no caso do micronutriente Fe, que foi significativamente superior na adubação 2 (Tabela 5).

Tabela 5- Concentração de nutrientes na matéria seca de grãos de plantas de milho cultivadas em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. Igarapé-Açu, Pará.

| Época de Plantio | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn |
|------------------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | g/kg | | | | mg/kg | | | |
| 1 | 11,3 b | 3,5 a | 6,1 a | 1,5 a | 1,9 b | 65,3 a | 25,6 b | 52,4 a |
| 2 | 13,8 a | 4,1 a | 6,9 a | 1,4 a | 2,4 a | 57,4 a | 40,9 a | 47,5 a |
| 3 | 10,8 b | 3,3 a | 5,1 a | 1,0 b | 1,6 b | 47,0 a | 33,4 b | 52,0 a |
| 4 | 11,4 b | 1,8 b | 3,3 b | 1,0 b | 1,0 c | 56,0 a | 31,0 b | 35,5 b |
| Adubação | | | | | | | | |
| 1 | 11,3 a | 3,3 a | 5,5 a | 1,2 a | 1,8 a | 48,0 a | 33,8 a | 46,1 a |
| 2 | 12,3 a | 3,1 a | 5,2 a | 1,3 a | 1,7 a | 64,8 a | 31,7 a | 47,7 a |
| Teste F | | | | | | | | |
| Época | ** | ** | ** | * | ** | ns | ** | * |
| Adubação | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| E x A | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C.V.(%) | 11,1 | 23,3 | 16,0 | 38,7 | 22,7 | 46,1 | 17,6 | 22,1 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e ** indicam, respectivamente, não-significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

3.1.3 Sabugo

As maiores concentrações dos nutrientes analisados nesta parte da planta foram observadas invariavelmente sob influência do tratamento 1.

Dentre os macronutrientes, houve diferença significativa entre os tratamentos para a variável N. Para os nutrientes P e K, não houve diferença entre os tratamentos 1, 2 e 3, entretanto, estes diferiram e foram significativamente superiores ao tratamento 4 nos dois casos (Tabela 6). O Ca no tratamento 1 obteve a maior concentração, e esta foi significativa quando comparada às médias dos demais tratamento que não diferiram entre si. Para o Mg, as concentrações observadas nos quatro tratamentos foram significativamente diferentes entre si.

Não houve diferença entre as duas adubações com que se trabalhou, em relação as concentrações de todos os nutrientes avaliados.

O comportamento dos micronutrientes foi diferenciado pelos tratamentos. Foram significativas as diferenças entre as concentrações de Fe nos tratamentos, sendo a maior delas entre os tratamentos 4 (106,1 mg kg⁻¹) e o 2 (41,1 mg kg⁻¹). Para o Zn o tratamento 1 foi significativamente superior aos demais, que foram considerados semelhantes entre si pelo teste de médias. Foi observada no sabugo a maior concentração de Zn (70,5 mg kg⁻¹), bem superior a média deste nutriente nas outras partes das plantas de milho (46,0 mg kg⁻¹).

Tabela 6- Concentração de nutrientes na matéria seca do sabugo do milho de plantas cultivadas em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. Igarapé-Açu, (PA).

| Época de plantio | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|--------|--------|
| | g/kg | | | | mg/kg | | | |
| 1 | 7,5 a | 1,1 a | 7,4 a | 2,0 a | 1,6 a | 91,5 a | 33,3 a | 92,3 a |
| 2 | 5,4 b | 1,0 a | 8,0 a | 1,3 b | 1,0 b | 41,1 b | 37,1 a | 64,0 b |
| 3 | 5,1 b | 1,0 a | 7,6 a | 1,0 b | 0,8 b | 48,5 b | 34,1 a | 63,5 b |
| 4 | 4,5 b | 0,6 b | 6,6 a | 1,0 b | 1,0 b | 106,1 a | 31,0 a | 62,8 b |
| Adubação | | | | | | | | |
| 1 | 5,6 a | 0,9 a | 7,3 a | 1,3 a | 1,1 a | 72,9 a | 35,2 a | 72,3 a |
| 2 | 5,7 a | 0,9 a | 7,5 a | 1,3 a | 1,1 a | 70,7 a | 32,9 a | 69,0 a |
| Teste F | | | | | | | | |
| Época | * | * | ns | ** | ** | * | ns | * |
| Adubação | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| E x A | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C.V.(%) | 28,5 | 41,5 | 19,9 | 18,8 | 41,0 | 60,0 | 18,0 | 31,0 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e ** indicam, respectivamente, não-significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

3.1.4 Palha da espiga

Invariavelmente, as concentrações dos nutrientes avaliados tenderam a diminuir, com exceção do K e do Fe, com o avanço do cultivo no período seco. A menor precipitação neste período não significou menor absorção de nutrientes, visto que no tratamento 4 houve a segunda maior produção de biomassa e a maior produção de grãos. Não houve, também, maiores concentrações de nutrientes nos grãos, com exceção do N, podendo, assim, justificar o remanejamento destes, de outras partes da planta para os grãos. Pode, sim, ter havido o efeito diluição dos nutrientes pela maior produção de grãos.

Foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para todas as variáveis (nutrientes) analisadas, principalmente nas concentrações de P, Ca, Mg e Fe, como mostra a Tabela 7. Não houve diferença entre as adubações, com exceção para o nutriente Fe, onde a adubação 2 foi significativamente superior a adubação 1, e onde, também, houve interação significativa entre as épocas de plantio e as adubações.

Os valores observados das concentrações de todos os nutrientes avaliados na palha da espiga se encontram bem próximos das observadas na biomassa.

Tabela 7- Concentração de nutrientes na matéria seca da palha das espigas de milho cultivadas em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. Igarapé-Açu, (PA).

| Época de plantio | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn |
|------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------------------|--------|--------|
| | ----- g/kg ----- | | | | | ----- mg/kg ----- | | |
| 1 | 6,9 a | 1,0 a | 6,3 a | 4,4 a | 2,7 a | 127,0 a | 91,8 a | 42,1 b |
| 2 | 6,4 a | 1,0 a | 6,9 a | 2,8 b | 2,3 a | 67,9 b | 81,6 a | 47,4 a |
| 3 | 3,0 b | 0,4 b | 7,9 a | 1,3 c | 1,5 a | 39,5 b | 55,3 b | 51,8 a |
| 4 | 3,3 b | 0,0 c | 7,1 a | 1,4 c | 1,0 b | 94,5 a | 53,5 b | 42,4 b |
| Adubação | | | | | | | | |
| 1 | 4,9 a | 0,6 a | 6,8 a | 2,5 a | 1,9 a | 67,9 b | 70,8 a | 48,8 a |
| 2 | 4,8 a | 0,6 a | 7,3 a | 2,4 a | 1,9 a | 96,6 a | 70,3 a | 43,0 a |
| Teste F | | | | | | | | |
| Época | ** | ** | ns | ** | ** | * | ** | * |
| Adubação | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ns |
| E x A | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ns |
| C.V.(%) | 21,5 | 64,5 | 17,2 | 24,1 | 18,6 | 54,2 | 23,0 | 15,3 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e ** indicam, respectivamente, não-significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

3.1.5 Colmo + inflorescência

Como nas demais partes da planta, a maior quantidade de P aplicada na adubação 2 não proporcionou a elevação nas concentrações dos nutrientes no colmo + inflorescência, não havendo, assim, diferença entre as adubações.

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para os macronutrientes N, K e Mg (Tabela 8). As concentrações de Mg observadas ($1,75 \text{ g kg}^{-1}$) foram 37% menores aos resultados obtidos por Andreotti et al. (2000) de $2,4 \text{ g kg}^{-1}$, quando avaliaram os efeitos de diferentes tipos de solo, saturação por bases e teores de K no solo sobre os teores de nutrientes em colmos de milho. Uma das possíveis causas para esta diferença é o fato do solo deste estudo ser 30% mais pobre em Mg do que os solos estudados por estes autores.

Foi observada nesta parte da planta, a maior concentração média de K ($15,9 \text{ g kg}^{-1}$) entre os tratamentos. Este valor está

bem próximo à concentração mínima adequada ($17,0 \text{ g kg}^{-1}$), exigida para plantas jovens e sadias (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997). Para biomassa, sabugo, palha da espiga e grãos, as concentrações de K foram $11,3$, $7,4$, $7,0$ e $5,4 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Foi no tratamento 1 que se observou a maior concentração ($19,6 \text{ g kg}^{-1}$), sendo significativamente superior (32,4%) aos demais tratamentos, os quais apresentaram uma concentração média de $14,8 \text{ g kg}^{-1}$.

O tratamento 1 obteve, geralmente, as maiores concentrações para macronutrientes. Pelo teste de médias, não houve diferenças significativas para as concentrações de P e Ca entre os tratamentos. Entre os tratamentos, o tratamento 3 foi o que obteve as melhores concentrações em média. Houve diferenças significativas entre os tratamentos para todos os nutrientes. Entre os micronutrientes, o único que apresentou diferença significativa entre as adubações foi o Fe, onde a adubação 2 foi 26,3% superior a adubação 1.

Tabela 8 - Concentração de nutrientes na matéria seca de colmo + inflorescências de plantas de milho cultivadas em diferentes épocas sob cobertura morta e duas adubações. Igarapé-Açu, (PA).

| Épocas de plantio | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn |
|-------------------|-------|-------|--------|-------|-------|---------|--------|--------|
| | g/kg | | | | | mg/kg | | |
| 1 | 6,4 a | 1,1 a | 19,6 a | 2,3 a | 2,0 a | 52,9 c | 55,1 b | 51,0 a |
| 2 | 7,3 a | 1,1 a | 15,0 b | 1,9 a | 1,5 a | 84,0 b | 66,9 b | 51,5 a |
| 3 | 4,9 b | 1,0 a | 14,9 b | 2,3 a | 2,0 a | 109,1 b | 83,0 a | 58,8 a |
| 4 | 4,8 b | 0,8 a | 14,5 b | 2,1 a | 1,5 a | 134,3 a | 62,3 b | 22,8 b |
| Adubação | | | | | | | | |
| 1 | 6,2 a | 0,9 a | 16,4 a | 2,1 a | 1,7 a | 84,0 b | 62,6 a | 44,3 a |
| 2 | 5,4 a | 1,1 a | 15,4 a | 2,2 a | 1,8 a | 106,1 a | 71,1 a | 47,8 a |
| Teste F | | | | | | | | |
| Época | * | ns | * | ns | ns | * | * | * |
| adubação | ns | ns | ns | ns | ns | * | ns | ns |
| E x A | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns | ns |
| C.V.(%) | 28,9 | 33,5 | 19,4 | 21,6 | 42,2 | 44,6 | 24,2 | 35,3 |

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. ns, * e ** indicam, respectivamente, não-significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (Teste F).

3.2 ACÚMULO DE NUTRIENTES NA CULTURA DO MILHO

As médias de N e P acumulados na parte aérea da cultura do milho, nas quatro épocas de plantio foram 50% menores às observadas por Büll e Cantarella (1993) e por Furtini Neto et al. (1998). Entretanto, foram similares para K, Mg e Fe e superiores para Ca, Mn e Zn (Tabela 9). Uma das razões para que fossem baixas as taxas de acumulação de N e P nas plantas pode ser por apresentarem concentrações menores do que as consideradas ideais para a cultura (RAIJ et al., 1996; MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; REUTER; ROBINSON, 1997; PAULETTI, 1998).

Os maiores acúmulos foram observados nas plantas de milho sob a adubação 2, com exceção da época de plantio 3. Pode ter ocorrido neste caso o efeito de diluição dos

nutrientes, por um maior volume de biomassa produzido (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997; MARSCHNER, 1995). Não foram observadas diferenças nos acúmulos de nutrientes entre os plantios realizados na estação das chuvas (épocas 1 e 2) e os do período seco (épocas 3 e 4)

As plantas apresentaram valores médios de acúmulo de nutrientes, na seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > Mg > P > Fe = Mn > Zn$. Estes resultados em parte concordam com as observações de Büll e Cantarella (1993), Karlen, Flannery e Sandler (1988) Furtini Neto et al. (1998), diferindo somente nas posições de N e K. Os plantios apresentaram valores médios de nutrientes exportados, na seguinte ordem decrescente: $N > K > P > Mg = Ca > Fe = Zn = Mn$. Estes resultados foram semelhantes aos observados por Büll e Cantarella (1993) e Yamada e Lopes (1999).

Tabela 9 - Conteúdo de nutrientes na biomassa aérea total seca e grãos (13% de umidade) da cultura de milho nas diferentes épocas de plantio e adubação.

| Época de plantio/ adubação | Nutriente (kg/ha) | | | | | | | | |
|---------------------------------|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | |
| Biomassa aérea total (extraído) | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 37,4 | 8,0 | 55,4 | 18,2 | 12,1 | 0,45 | 0,26 | 0,28 |
| | 2 | 53,9 | 14,2 | 75,7 | 27,6 | 16,4 | 0,55 | 0,37 | 0,31 |
| 2 | 1 | 34,5 | 6,9 | 35,1 | 11,6 | 8,1 | 0,23 | 0,30 | 0,20 |
| | 2 | 39,4 | 7,5 | 41,7 | 12,3 | 9,7 | 0,33 | 0,27 | 0,23 |
| 3 | 1 | 47,2 | 10,4 | 68,0 | 21,7 | 17,8 | 0,38 | 0,53 | 0,31 |
| | 2 | 41,1 | 7,8 | 56,7 | 15,1 | 15,0 | 0,37 | 0,45 | 0,26 |
| 4 | 1 | 32,8 | 4,0 | 48,4 | 10,9 | 7,8 | 0,57 | 0,33 | 0,19 |
| | 2 | 41,4 | 5,9 | 58,4 | 11,8 | 9,1 | 0,93 | 0,41 | 0,25 |
| Grãos (exportado) | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 10,8 | 3,6 | 6,5 | 1,5 | 2,1 | 0,05 | 0,03 | 0,05 |
| | 2 | 18,6 | 5,4 | 9,3 | 2,3 | 2,8 | 0,12 | 0,04 | 0,08 |
| 2 | 1 | 8,4 | 2,7 | 4,1 | 0,8 | 1,6 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| | 2 | 17,9 | 5,0 | 9,1 | 1,9 | 2,9 | 0,09 | 0,05 | 0,07 |
| 3 | 1 | 10,0 | 3,3 | 5,1 | 0,9 | 1,4 | 0,04 | 0,03 | 0,05 |
| | 2 | 11,7 | 3,2 | 5,3 | 1,1 | 1,9 | 0,05 | 0,03 | 0,05 |
| 4 | 1 | 18,5 | 3,1 | 5,5 | 1,7 | 1,7 | 0,10 | 0,05 | 0,06 |
| | 2 | 25,9 | 3,9 | 6,9 | 2,1 | 2,1 | 0,12 | 0,07 | 0,08 |

3.3 PRODUÇÃO DE GRÃOS

A maior produção de grãos foi obtida no plantio de julho (época 4), que foram as parcelas que permaneceram no campo durante todo o período de menor precipitação de chuvas. A produção desta época foi significativamente superior às produções das demais épocas, que pelo teste de Scott-Knott foram considerados iguais entre si (Tabela 10).

Estes resultados mostram a boa retenção de água proporcionada pela cobertura morta, pois não houve sintomas de déficit hídrico durante os cultivos que se prolongaram pela estação seca (menor precipitação), épocas de plantio 3 e 4. As menores produções observadas nos plantios realizados durante a estação das chu-

vas podem estar relacionadas justamente com a maior incidência destas (Figura 1), provocando grandes perdas e destruição dos grãos de pólen durante a floração.

A produção média de grãos (1,94 t/ha) obtida com as adubações no plantio de julho foi superior à produção média do estado do Pará em 31,7% e inferior à nacional em 43% (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1998). Os demais plantios produziram em média 26% menos do que a média estadual. As produções de grãos nas quatro épocas de plantio sob influência da adubação 2 foram superiores à média do estado, sendo, assim, a mais recomendada (Tabela 11). Estes resultados foram semelhantes aos observados por Moraes et al. (1998), em diferentes sistemas de preparo de área após pousio com *Pueraria phaseoloides* no Acre.

Tabela 10- Resumo da análise de variância (quadrados médios) das características agrônômicas do milho.

| Fonte de Variação | G.L. | Quadrados Médios | |
|-------------------|------|------------------|------------|
| | | Biomassa aérea | Grãos |
| Bloco | 3 | 798437 ns | 297284 ns |
| Época (E) | 3 | 11944446 ** | 1645161 ** |
| Erro 1 | 9 | 721623 | 138663 |
| Adubação (A) | 1 | 2865 ns | 1424558 ** |
| E x A | 3 | 305152 ns | 101766 ns |
| Erro 2 | 12 | 403968 | 126286 |
| C.V. (%) | | 29,65 | 28,10 |

** e ns representam respectivamente, significativo a 1% e não significativo pelo Teste F.

Tabela 11- Produções de matéria seca da biomassa aérea e de grãos (13% de umidade) de milho de áreas experimentais cultivadas sobre cobertura morta em diferentes épocas.

| Plantio (tratamento) | Produção (kg/ha) | |
|-------------------------|------------------|------------|
| | Biomassa | Grãos |
| Época 1 | 5.656,49 a | 1.288,90 b |
| Época 2 | 3.381,35 b | 941,70 b |
| Época 3 | 5.054,54 a | 1.012,02 b |
| Época 4 | 3.055,20 b | 1.936,87 a |
| Adubação | | |
| 1 | 4.272,50 a | 1.083,88 b |
| 2 | 4.277,50 a | 1.505,86 a |

Números seguidos pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Ao avaliar as produções de diferentes cultivares sob manejo de cobertura morta com e sem fertilizantes, no município de Igarapé-Açu, Kato (1998) observou que todas as variedades aumentaram a produção com aplicação de fertilizante NPK. Em média as variedades produziram $2,28 \text{ t ha}^{-1}$ de grãos com fertilizante e $0,32 \text{ t ha}^{-1}$ sem fertilizante. A produção média de grãos alcançada pela adubação 2 no presente trabalho foi 34,2% inferior a alcançada por Kato (1998) com uso de fertilizantes. Uma possível explicação para esta diferença, pode ser as diferentes adubações praticadas, quando Kato (1998) usou maiores doses de N e menores de P e K. Os resultados da variedade BR 106 também foram superiores (31,8%) com menores doses de P e K. Bünemann et

al. (1998) também observaram maiores produções de milho sob cobertura morta, com aplicação de fertilizantes fosfatados, mostrando que o P é o fator limitante para se alcançar boas produções em solos de baixa fertilidade, como os solos da Amazônia Oriental.

Cardoso e Melo (1998) afirmaram ser o N limitante à produção de grãos de milho no Meio-Norte brasileiro. A dose de N que alcançou a produção máxima foi de 107 kg ha^{-1} . Tucci e Serrão (1998) determinaram a dose de 94 kg ha^{-1} como sendo ótima para o Latossolo Amarelo de terra firme na Amazônia, com baixos valores de P (90 kg ha^{-1} .de P_2O_5) e de K (60 kg ha^{-1} de K_2O) no complemento da adubação, no que concordaram com os resultados obti-

dos por Kato (1998) e Bünemann et al. (1998).

Em sistema de plantio direto num Latossolo Vermelho distroférico, Fernandes et al. (1999) observaram maiores produções de grãos com as maiores doses de N, entretanto, as quantidades de P e K utilizadas por estes autores, foram semelhantes as usadas por Kato (1998). Alvarado e Prado (1991) ao compararem os rendimentos da cultura do milho em sistemas de preparo do solo com e sem queima, obtiveram produções de grãos nos sistemas sem queima e sem cobertura morta (terra nua), de apenas 0,54 t/ha. Com a manutenção da cobertura morta, a produção foi semelhante à apresentada pelo plantio 2 (1,0 t ha⁻¹) e menor que os demais. Sob a influência da queima e da calagem, as produções foram semelhantes a do plantio de julho (2,0 t ha⁻¹).

Silva Júnior et al. (1999a), quando compararam diferentes sistemas de preparo de área no município de Igarapé-Açu (PA), verificaram maiores produções de grãos em áreas com cobertura morta do que em áreas queimadas. Os resultados observados foram semelhantes aos do plantio de julho, sob a influência da adubação 2 (2 t ha⁻¹). Estes autores observaram em áreas queimadas produções semelhantes às dos plantios 1 e 3, evidenciando, assim, a melhor eficiência do sistema com cobertura morta.

Com a mesma metodologia, Silva Júnior et al. (1999b) montaram experi-

mento na localidade de Castanhal (PA) e observaram, no primeiro ano de cultivo, produções 50% menores às do presente trabalho, tanto nas áreas queimadas quanto com cobertura morta. No segundo ano, as produções de grãos nas áreas com cobertura morta foram semelhantes às dos plantios 1 e 3 e 73% inferiores ao do 4. As produções sob influência das duas adubações do presente trabalho foram superiores em 42% às de áreas queimadas dos referidos autores. Vielhauer e Brienza Júnior (1999) observaram resultados mais expressivos em áreas de capoeira após dois anos de pousio, preparadas com cobertura morta e adubação NPK (30-60-30 kg ha⁻¹, respectivamente). A produção média de grãos de milho observada por estes autores foi de 3,6 t/ha. Em plantios consorciados com caupi no Acre, Costa e Marinho (2000) obtiveram produções médias de milho de 2,1 t ha⁻¹ e em consórcio com o *Phaseolus*, a produção foi de 1,7 t ha⁻¹.

Souza et al. (1991), avaliando a produção de diferentes cultivares de milho em diferentes épocas de plantio, verificaram quedas de produção em alguns casos superiores a 60% em Lavras, e de 50% em Sete Lagoas, ambas localidades de Minas Gerais, com o avanço dos plantios sobre o período seco.

4 CONCLUSÃO

As maiores concentrações de N e P foram observadas nos grãos de milho. As maiores concentrações de Ca, Mg, Fe e

Mn foram observadas na matéria seca das plantas. O K, e igualmente o Fe, apresentaram as maiores concentrações no colmo mais a inflorescência das plantas de milho, na idade madura. No sabugo foram observadas as maiores concentrações de Zn. As concentrações de todos os nutrientes na palha da espiga, foram intermediárias as apresentadas pelas outras partes das plantas de milho avaliadas.

A maior parte dos nutrientes foi considerada em concentrações adequadas nas plantas de milho, não tendo as épocas de plantio ou as adubações interferido na nutrição da cultura do milho.

A cobertura morta mostrou-se eficiente na manutenção da umidade do solo, no possível fornecimento de nutrientes para as plantas e na realização de plantios de milho no final da estação chuvosa, prolongando estes até a estação seca.

As plantas apresentaram valores médios de acúmulo de nutrientes, na seguinte ordem decrescente: $K > N > Ca > Mg > P > Fe = Mn > Zn$. Os plantios apresentaram valores médios de nutrientes exportados, na seguinte ordem decrescente: $N > K > P > Mg = Ca > Fe = Zn = Mn$.

A variedade BR 106 de milho apresentou boa produtividade média, estando acima da média estadual, mostrando ser responsiva e estável em ambientes desfavoráveis, ficando evidenciada a possibilidade de dois cultivos sucessivos.

A adubação 2 com maior nível de P proporcionou incrementos na ordem de 39% nas produções de milho.

REFERÊNCIAS

ALVARADO, A.; PRADO, C. *Efecto del encalado antes de la quema del bosque sobre el rendimiento de arroz, maíz, y caupi en el Chapare, Bolivia*. In: SMYTH, T. J.; RAUN, W. R.; BERTSCH, F. *Manejo de suelos tropicales en Latinoamérica*. Raleigh: North Carolina State University, 1991.

ANDREOTTI, M.; SOUZA, E. C. A. de; CRUSCIOL, C. A. C.; RODRIGUES, J. D.; BÜLL, L. T. Produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo milho em razão da saturação por bases e da adubação potássica. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, DF, v. 35, n. 12, p. 2437 – 2446, dez. 2000.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, Rio de Janeiro: IBGE, v. 58, p. 3-21, 3-39, 1998.

BASTOS, T. X.; COSTA, M. X.; SÁ, T. D. A. *Climatic condition and its influence on the agricultural process at northeast Pará - study case of Igarapé-Açu, State of Pará*. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1995. 6p. (Comunicado Técnico).

BÜLL, L. T.; CANTARELLA, H. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

- BÜNEMMANN, E.; DENICH, M.; VIELHAUER, K.; VLEK, P. L. G. Fertilizer response of maize and cowpea under conditions of fire-free land preparation in NE Pará. In: SHIFT – Workshop, 3., 1998, Manaus. *Anais ...* Manaus, 1998.
- CARDOSO, M. J.; MELO, F. de B. Influência de níveis de nitrogênio na produtividade de grãos de milho. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2.; - Fertbio 98, 1998, Caxambu. *Anais...* Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 166.
- COSTA, J. G. da; MARINHO, J. T. de S. Efeito de diferentes arranjos no consórcio milho-feijão e milho-caupi no Acre, Brasil. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 30, n. 3, p. 363-368, 2000.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Manual técnico para avaliação nutricional de alimentos e orientações para atividades em laboratório de nutrição animal*. Belém: Embrapa Amazônia Oriental. Laboratório de Nutrição Animal, 1997.
- FAGERIA, N. K. Adequate and toxic levels of copper and manganese in upland rice, common bean, corn, soybean, and wheat grown on na oxisol. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, v. 32, n. 9/10, p.1659 - 1676, 2001.
- FAUCI, M. F.; DICK, R. P. Plant response to organic amendments and decreasing inorganic nitrogen rates in soils from a long-term experiment. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, v. 58, n. 1, p. 134 – 138, 1994.
- FERNANDES, C.; MURAOKA, T.; CO-RAZZA, E. J. Teores foliares de fósforo e produção de grãos em híbridos de milho cultivados em solos de cerrado. In: FERTBIO 2000, 2000, Santa Maria - (RS). *Resumos...* Santa Maria: UFSM/SBCS/SBM, 2000. (CD-ROM)
- FERNANDES, L. A.; VASCONCELLOS, C. A.; FURTINI NETO, A. E.; ROSCOE, R.; GUEDES, G. A. de A. Preparo do solo e adubação nitrogenada na produção de grãos e matéria seca e acúmulo de nutrientes pelo milho. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, DF, v.34, n.9, p.1691-1698, 1999.
- FRANCHINI, J. C.; MOREIRA, A.; VIRGENS FILHO, A. de C.; ABREU, J. B. R. de; MALAVOLTA, E. Avaliação do estado nutricional do milho por diferentes metodologias em função de diferentes doses de NPK. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., Fertbio 98, 1998, Caxambu. *Anais...* Lavra: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 118.

FURTINI NETO, A. E.; FERNANDES, L. A.; SILVA, M. L. N.; VASCONCELLOS, C. A.; NASCENTE, C. M. Acúmulo de nutrientes pelo milho sob sistemas de preparo do solo e doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho-Escuro face cerrado. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 12., 1998, Fortaleza. *Resumos...* Fortaleza: SBSC/UFC/DCS. 1998.

GOMES, J. A. *Efeito de adubação orgânica e mineral sobre a produtividade do milho e sobre algumas características físicas e químicas de um Podzólico Vermelho - Amarelo*. 1995. 59p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa (MG), 1995.

KARLEN, D. L.; FLANNERY, R. L.; SADLER, E. J. Aerial accumulation and partitioning of nutrients by corn. *Agronomy Journal*, v. 80, p. 2321 – 242, 1988.

KATO, M. S. A. *Fire-free land preparation as na alternative to slash-and-burn agriculture in the Bragantina Region, Eastern Amazon: crop performance and phosphorus dynamics*. 1998. 145p. (Doctoral Dissertation) – Georg – August University Göttingen, Göttingen, 1998.

_____; KATO, O. R.; PARRY, M. M.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. Fire-free alternatives to slash-and-burn for shifting cultivation in the Eastern Amazon region: The role of fertilizers. In: SHIFT - Workshop, 3., Manaus. *Anais...* Manaus, 1998.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. de. *Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações*. 2.ed. rev. atual. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. *Mineral nutrition of higher plants*. 2 nd.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

MORAES, R. N. de S.; GOMES, T. C. de A.; AZEVEDO, K. de S.; SILVA, J. M. M. da; LOPES, V. M. B.; FURTADO, S. C. Produtividade e estado nutricional do milho em solos submetidos a pousio com Pueraria phaseoloides e diferentes formas de preparo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2., - Fertbio 98, 1998, Caxambú. *Anais...* Lavras: SBSC/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 586.

OLIVEIRA, R. H. de. *Produção e teores de nitrogênio no solo e no milho “safriinha” irrigado em resposta a doses de nitrogênio, de composto orgânico e de molibidênio*. 1998. 128p. Tese – (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa (MG), 1998.

- PAULETTI, V. *Nutrientes: teor e interpretação*. Campinas: Fundação ABC/ Fundação Cargill, 1998. 59p.
- PIMENTEL, G. B. M. *Sistema de manejo de um solo Glei pouco húmico do Médio Amazonas Paraense, Monte Alegre – PA*. 70p. 1991. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 1991.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. de; ESPOETI, M. D. D. Influência da profundidade de deposição do adubo de plantio no estado nutricional do milho (*Zea mays L.*) em plantio direto. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2. - Fertbio 98, 1998, Caxambú, *Anais...* Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 136.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo: Fundação IAC, 1996. 285p.
- REULER, H. Van; JANSSEN, B. H. Nutrient fluxes in the shifting cultivation system of south-west Côte d'Ivoire. *Plant and Soil*, v. 154, p. 179 – 188, 1993.
- REUTER, D. J.; ROBINSON, J. B. *Plant analysis an interpretation manual*. 2nd ed. Collingwood, CSIRO Pub. 1997. 570p.
- SANCHEZ, P. A. Phosphorus, silicon, and sulfur. In: SANCHEZ, P. A. *Properties and management of soils in the tropics*. New York: J. Wiley, 1976. p. 286-293.
- SILVA JÚNIOR, M. L. da; VIELHAUER, K.; DENICH, M.; VLEK, P. L. G. *Produção de culturas alimentares em função de preparo de área e de enriquecimento de capoeira na localidade de Cumaru, Município de Igarapé-Açu - Pará*. In: SEMINÁRIO DE ENCERRAMENTO DA SEGUNDA FASE DO PROJETO SHIFT CAPOEIRA. MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR NA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém. Belém: EMBRAPA/CPATU/CNPq, 1999a. p.37.
- _____;_____;_____;_____.
Produção de culturas alimentares em função de preparo de área e de enriquecimento de capoeira na localidade de Iracema, Município de Castanhal - Pará. In: SEMINÁRIO DE ENCERRAMENTO DA SEGUNDA FASE DO PROJETO SHIFT CAPOEIRA. MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR NA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém. Belém: EMBRAPA/CPATU/CNPq, 1999b. p.37.

SOUZA, F. R. S.; RAMALHO, M. A. P.; OLIVEIRA, A. C. de; SANS, L. M. A. Estabilidade de cultivares de milho em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais. *Pesq. agropec. bras.*, Brasília, DF, v. 26, n. 6, p. 885 – 892, 1991.

TRANNIN, I. C. B.; SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GUILHERME, L. R. G.; LIMA, J. M. de. Aplicação de um biosólido industrial na cultura do milho. In: FERTBIO 2000, 2000, Santa Maria (RS). *Resumos...* Santa Maria: UFSM/SBCS/SBM, 2000. (CD-ROM)

TUCCI, C. A. F.; SERRÃO, E. L. Adubação nitrogenada para cultura do milho (*Zea mays* L.) em Latossolo Amarelo de ecossistema de Terra Firme da Amazônia Ocidental. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 7.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 5.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 2. - Fertbio 98, 1998, Caxambú. *Anais...* Lavras: SBCS/SBM/DCS-UFLA, 1998. p. 173.

VIELHAUER, K.; BRIENZA JÚNIOR, S. Capoeira enriquecida, só benefícios? In: SEMINÁRIO DE ENCERRAMENTO DA SEGUNDA FASE DO PROJETO SHIFT CAPOEIRA. MANEJO DA VEGETAÇÃO SECUNDÁRIA PARA A SUSTENTABILIDADE DA AGRICULTURA FAMILIAR NA AMAZÔNIA ORIENTAL, 1999, Belém. Belém: EMBRAPA/CPATU/CNPq, 1999. p.37.

YAMADA, T.; LOPES, A. S. Balanço de nutrientes na agricultura brasileira. In: SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A. E.; CARVALHO, J. G. de. *Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas*. Lavras: SBCS/UFLA/DCS, 1999. p. 143-161,